

Loppuraportti

Vesihomeen kaappauksen skaalaus (VeSka)

VN/10884/2025-MMM-
5

Voidaanko muokatulla puuvillakankaalla vähentämään vesihomeen aiheuttamaa kuolleisuutta laitosmittakaavassa?

Hankkeen nimi:
Vesihomeen
kaappauksen
skaalaus (VeSka)

Tekijät: Petra
Lindholm-Lehto,
Tiina Korkea-aho

Hankkeen tiivistelmä

Vesihome, ts. saprolegnioosi on hankala kalatauti (aiheuttaja tyypillisesti *Saprolegnia parasitica* -leväsieni), joka vaivaa monia kalalajeja ja muita vesieliöitä makeanveden systeemeissä. Erityisesti vesihome on haitallinen muutenkin uhanalaisille kalalajeille, kuten Saimaan järvilohi (*Salmo salar* m. *sebago*). Saprolegnioosi aiheuttaa infektoituneelle yksilölle vaaleita pumpulimaisia ihomuutoksia pään alueelle, eviin ja ihoon, estää osmoregulaatiota ja johtaa usein yksilön kuolemaan. Valitettavasti luvallisia keinoja vesihomeen hillitsemiseksi on nykyisin vain vähän, eivätkä ne tehoa aina toivotulla tavalla.

Tutkimuksen laboratoriokokeiden perusteella valittiin parhaiten *S. parasitica* -vesihometta sitova pintakäsittely puuvillakangas, jota tässä kokeessa tuotiin vesihometapausten vaivaamalle ja uhanalaista järvilohia (*Salmo salar* m. *sebago*). kasvattavalle läpivirtauslaitokselle kaappaamaan vesihomeitiöitä vedestä ja näin vähentämään tautipainetta, jota seurattiin reaaliaikaisella kvantitatiivisella PCR (qPCR) -menetelmällä vedessä, kankaissa ja kalassa.

Tulokset osoittivat tilastollisesti merkitsevästi, että pelkkä formaliinikäsittely ja formaliini yhdessä pintakäsittelyn puuvillakankaan (formaliini-GTAC3) kanssa vähensi vesihometautiin kuolleiden yksiköiden määrää eniten. Pelkkä muokattu puuvilla, muokkaamaton puuvilla ja kontrolli ilman käsittelyjä johti suurempaan kuolleisuuteen 30 päivän koejaksoilla. *S. parasitica* analyysit vedestä, kankaista ja kalasta havaittiin onnistuneiksi, eikä tunnistettu analyysimenetelmien aiheuttamia haasteita tuloksiin. Valitettavasti hankkeen toteuttajista riippumattomista syistä koejärjestelyä ei pystytty skaalaamaan kaupallista laitosta vastaavaan mittakaavaan. Tulevaisuudessa oleellista olisi määrittää tarvittavan kangasmateriaalin määrä suhteessa käyttökohteen vesivolyyymiin ja *S. parasitica* -vesihomeen tautipaineeseen.

Aiemmin vesihometaudin hillintään käytetty malakiittivihreä on tehokkuudestaan huolimatta kielletty maailmanlaajuisesti ruokakalan tuotannossa vuodesta 2002 lähtien sen toksisten, syöpävaarallisten ja perimää muokkaavien ominaisuuksien takia. Malakiittivihreä kertyy kalan lihaan ja poistuu käytön jälkeen erittäin hitaasti kalasta.

Vesihometaudin hillintään käytetään nykyisin formaliinia (37–55 % formaldehydin vesiliuos, 5–10 % metanolia estämään polymeeraatiota), peretikkahappoa ja vetyperoksidia, mutta niiden teho on rajoittunutta, eikä kaikissa tapauksissa riittävää. Lisäksi formaliinin käytön kieltämisestä on pohdittu Euroopan Unionin biosidilainsäädännön nojalla (EU 2024/2421), joten korvaavia menetelmiä vesihomeen hallintaan kalanviljelylaitoksilla tarvitaan nopeasti.

qPCR eli kvantitatiivinen PCR menetelmä, jossa eliön DNA:ta monistetaan polymeerasiketjureaktiolla, mitataan monistunutta määrää reaaliaikaisesti ja voidaan määrittää monistuneen DNA:n määrä tarkasti.



Johdanto

Kationiset ammoniumryhmät puuvillakankaassa voivat sitoa vesihomeitiöitä vedestä

Vesihome (mm. *Saprolegnia parasitica*) on kaikissa makean veden ympäristöissä havaittava patogeeni, joka aiheuttaa taloudellisia tappioita kalankasvatuksessa ja vaarantaa jo muuten uhanalaisia kalakantoja (Lindholm-Lehto & Pylkkö 2024). Vesihometta pyritään torjumaan usein formaliini-, peretikkahappo- ja vetyperoksidikäsittelyillä, mutta ne eivät ole aina riittävän tehokkaita. Lisäksi formaliinin käyttö on harkittu kiellettäväksi EU:n biosidilainsäädännön perusteella (EU 2024/2421). Kalankasvatukseen tarvitaan siis kipeästi kemikaalivapaa ja riittävän tehokas tapa torjua vesihometautia.

Hankkeessa puuvillakangasta modifioitiin kemiallisesti lisäämällä siihen kationisia kvaternäärisiä ammoniumryhmiä (VTT toimitti materiaalin), jotka kykenivät sitomaan *S. parasitica* -vesihomeitiöitä suoraan vedestä (Lindholm-Lehto et al. 2026). Hankkeen tavoitteena oli tutkia kemiallisesti muokatun puuvillakankaan kykyä kaapata vesihomeitiöitä laboratorio- ja laitosmittakaavassa ja näin vähentää tautipainetta ja kuolleisuutta vesihometaudin torjumiseksi.



Kuva 1. 1 m³ altaat Luonnonvarakeskuksen Enonkosken laitoksella, jossa kokeellinen osuus toteutettiin.

Aineisto

Kvantitatiivinen PCR *S. parasitica* vesihomeen tunnistamiseksi vesi- ja kangasnäytteistä

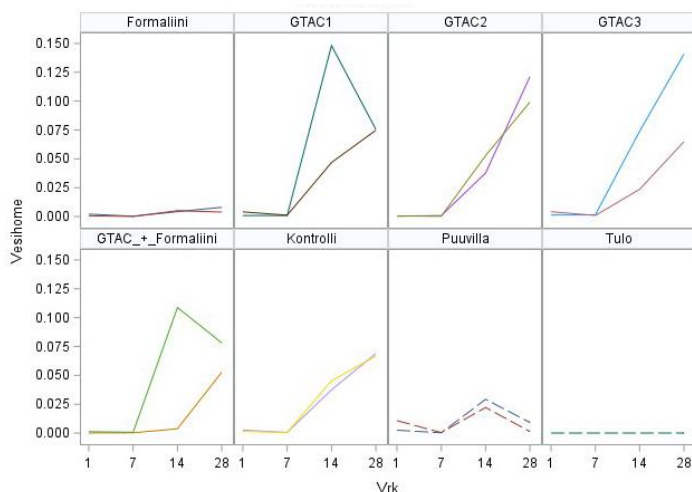
Tutkimuksessa valittiin eniten vesihometta kaappaava kangas Ruokavirastossa suoritetuilla laboratorikokeilla, joissa optimoitiin myös menetelmien luotettavuus mitata vesihometta kankaasta ja vedestä. Kokeellinen osuus toteutettiin Luonnonvarakeskuksen Enonkosken vesiviljelylaitoksella syksyllä 2025. Koejärjestelyssä käytettiin 1 m³ altaita, joissa jokaisessa kasvatettiin 200 kpl 1-vuotiata järvilohen (*Salmo salar* m. *sebago*, 100 g ± 47 g) poikasia (biomassa 20 kg/m³) yhteensä 14 allasta, kaksi allasta per käsittely. Kokeen käsittelyt olivat: GTAC1 (0,2 m² käsitelty puuvillaviskoosikangas), GTAC2 (0,4 m² käsitelty puuvillaviskoosikangas), GTAC3 (0,6 m² käsitelty puuvillaviskoosikangas), Puuvilla (0,2 m² käsittelemätön puuvillakangas), Formaliini (kylvetys formaliinilla 2 kertaa viikossa), Puuvilla-GTAC (0,62 m² käsitelty puuvillakangas + 2 kertaa viikossa kylvetys formaliinilla), kontrolli (ei käsittelyjä). Kokeesta kerättiin vesi- ja kangasnäytteet kerran viikossa, jolloin kankaat vaihdettiin uusiin. Koe kesti yhteensä 30 päivää. Kaloissa havaitut vesihometapaukset kirjattiin muistiin huolellisesti.

Suodatetuista vesinäytteistä ja kankaista eristettiin DNA DNeasy Blood and Tissue Kit:illä DNA Animal tissue -protokollan mukaisesti. Vesinäytteiden DNA puhdistettiin lisäksi käyttäen Nucleospin Inhibition Removal kittiä. Eristetyille näytteille tehtiin qPCR ajo *S. parasitica* -vesihomeen DNA määrän analysoimiseksi vedessä ja kankaassa eri ajankohtina, käyttäen *S. parasitica* spesifisiä alukkeita ja koetinta (Korkea-aho et al. 2022).

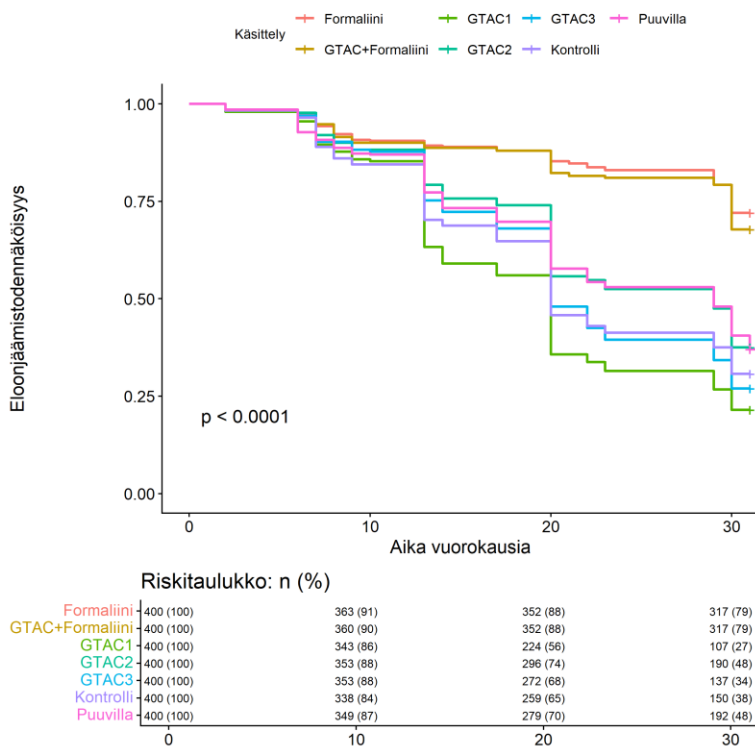
Tulokset, niiden vaikuttavuus ja johtopäätökset

Formaliini sekä formaliinin ja muokattun puuvillan yhdistelmä antoivat parhaat tulokset ja pienemmän kuolleisuuden

Laboratoriokokeiden perusteella kalanviljelylaitoksen kokeisiin valittiin GTAC-muokattu puuvilla, koska se oli tehokkain kaappaamaan vesihometta. Tulokset osoittivat, että suurimmat pitoisuudet *S. parasitican* DNA:ta havaittiin altaissa, joissa tutkittiin muokattua puuvillaa (GTAC1-GTAC3). Tulovedessä vesihometta ei havaittu ja formaliinikäsitellyssä altaassa vain vähän.



Kuvaaja 1. *S. parasitica* DNA määrä vedessä eri käsittelyissä testattiin SAS-ohjelmistolla (ANOVA, kiinteinä selittäjinä käsittely ja aika sekä näiden yhdysvaikutus). Käsittely-altaan vaikutus satunnaistekijänä.



Kuvaaja 2. Järvilohen eloonjäämistodennäköisyys (%) eri käsittelyissä. Formaliini ja formaliini-GTAC käsittelyt antoivat muita paremmat tulokset ja näissä kuolleisuus oli muita pienempää. Eloonjäämiskuva ja riskitaulukko on tehty R:n survminer paketin avulla.

Kuitenkin vesihometautitapauksia ja kuolleisuutta havaittiin kaikissa altaissa, mutta formaliini- ja GTAC-formaliinikäsittelyissä vähemmän.

Tulokset eivät anna yksiselitteistä kuvaa käsitellyn puuvillakankaan toimivuudesta, toisin kuin tätä edeltävässä kokeessa (Lindholm-Lehto et al. 2026). On mahdollista, että positiivisten vaikutusten havaitsemiseksi kangasta olisi pitänyt tuoda systeemiin huomattavasti enemmän. Tämä ei valitettavasti käytännön syistä ollut mahdollista. Koejärjestelyä rajoitti saatavilla ollut kalamäärä, muokatun kankaan saatavuus ja mahdollisuus tuoda systeemiin. Eri kangasmäärien välillä ei myöskään havaittu eroja kaapata vesihomeitiöitä. On mahdollista, että eroja olisi havaittavissa vasta riittävän suurilla kangasmäärillä.

Tulevaisuudessa on keskeistä kokeellisesti määrittää tarvittavan muokatun kankaan määrä suhteessa laitoksen vesivolyymiin ja *S. parasitican* tautipaineeseen. Näiden tulosten perusteella huomattavasti suurempi pinta-ala vaaditaan toivotun vaikutuksen havaitsemiseksi.

Tulevaisuuden haasteet

Tarvittava muokatun puuvillan määrä estämään vesihometautitapauksia tulee vielä selvittää

- Kemiallisesti muokatun puuvillan tarvittava määrä suhteessa *S. parasitica* -vesihomeen aiheuttamaan tautipaineeseen estämään vesihometautitapauksia tulee vielä selvittää tarkemmin.
- Tulevaisuudessa on syytä löytää riittävän tehokas, mutta turvallinen tapa torjua vesihometautia vesiviljelylaitoksilla.

Toimintasuositukset

Formaliinin ja kemiallisesti muokatun puuvillan käyttö yhdessä voi olla edullista vesihometaudin torjumiseksi.

- Formaliinin käytölle vesihomeen torjunnassa on edelleen hyvät perusteet.
- Formaliinin ja GTAC-muokatun puuvillan käyttö yhdessä voi olla edullista vesihometaudin torjunnassa. Tilastollisesti merkittävää eroa pelkkään formaliinikäsittelyyn verrattuna ei tosin havaittu tässä tutkimuksessa.
- Pelkkä GTAC-muokatun puuvillan käyttö ei osoittautunut riittäväksi torjumaan vesihometautitapauksia.

Tarkempi lukeminen

Lindholm-Lehto, P.C., Pylkkö, P., 2024. Saprolegniosis in aquaculture and how to control it? *Aquacult Fish & Fisheries* 4, e2200.

Lindholm-Lehto, P.C., Kontturi, K.S., Meinander, K., Hannes Orelma, H., 2026. Capture of *Saprolegnia parasitica* spores in flow-through aquaculture: First observations. *Aquacult Fish & Fisheries* 6, e70172.

Korkea-aho, T., Wiklund, T., Engblom, C., Vainikka, A., Viljamaa-Dirks, S., 2022. Detection and quantification of the oomycete *Saprolegnia parasitica* in aquaculture environments. *Microorganisms* 10, 2186.